

E1: Mechanik

Übungsblatt 4 (WS24/25)

Thomas Udem & Andrea Alberti

Ausgegeben am 06. November 2024 — Wird besprochen am 13. November - 15. November

Anmerkung: Studierende mit Nebenfach (6 ECTS) brauchen Aufgaben, die mit einem (*) gekennzeichnet sind, nicht zu bearbeiten.

4.1 Hammerwerfer

Wir wollen den Wurf eines Hammers berechnen. Wir nehmen an, dass der Athlet den Hammer in einer Ebene, die gegen die Horizontale um 45° gekippt ist, in Rotation versetzt¹.

Der Hammer mit einer Masse von $m = 7,2 \text{ kg}$ wird in der oben genannten Ebene auf einem Radius von $R = 2 \text{ m}$ gleichmäßig beschleunigt und im richtigen Moment losgelassen, sodass die Geschwindigkeit aufwärts einen Winkel von $\varphi = 45^\circ$ zur Horizontalen erreicht (maximale Reichweite). Die maximale Rotationsfrequenz von $f_{\max} = 2 \text{ Hz}$ wird nach $n = 3$ Umdrehungen erreicht.

- (a) Bestimmen Sie die maximale Bahngeschwindigkeit v_{\max} und die maximal erreichbare Wurfweite x_{\max} .
- (b) Wie groß ist die maximal aufzuwendende Normalkraftkomponente, um die Masse auf der Kreisbahn zu halten (also die Kraft, um den Hammer kurz vor dem Loslassen noch zu halten)?
- (c) Wie groß ist die Winkelbeschleunigung $\dot{\omega}$? Nehmen Sie eine konstante Winkelbeschleunigung an.
- (d) Bestimmen Sie die Tangentialbeschleunigung a_t und die Gesamtbeschleunigung a .

4.2 Impuls

Sie halten einen Apfel mit der Masse 100 g in einer Höhe von $1,5 \text{ m}$ über dem Boden und lassen ihn fallen.

- (a) Berechnen Sie den Impuls p des Apfels kurz vor dem Aufprall auf dem Boden.
- (b) Berechnen Sie die Impulsänderung der Erde durch die Gravitation des Apfels. Welche Aufwärtsgeschwindigkeit der Erde ergibt sich daraus?
- (c) Der Apfel fällt in einen Sandkasten und dringt 3 cm tief in den Sand ein. Welche Kraft wirkt auf den Apfel während des Eindringens? Nehmen Sie dazu an, der Apfel (Sorte "Diamond Jubilee", extra hart) wird nicht verformt und gleichmäßig auf Null beschleunigt.

¹In der Realität folgt der Wurf des Hammers einer komplexeren schraubenförmigen Bahn, die wir hier jedoch zu einer Ebene vereinfachen.

- (d) Wiederholen Sie die Berechnung, aber diesmal unter der Annahme, dass Ihr Handy aus derselben Höhe mit derselben Masse auf einen unendlich harten Boden fällt. Welche Kraft wirkt auf Ihr Handy, wenn die Kunststoffhülle Ihres Handys um 0,5 mm zusammengedrückt wird, bevor das Handy seinen Fall auf den Boden stoppt?
- (e) Schlagen Sie die Größe des indischen Subkontinents, seine Geschwindigkeit in Richtung Himalaja und die mittlere Dichte der Erdkruste nach. Berechnen Sie den Impuls des Subkontinents unter Annahme, dieser sei 100 km dick.
- Schlagen Sie die Masse und die maximale Geschwindigkeit der größten Öltanker nach. Wie viele Öltanker dieses Typs benötigen Sie in etwa, um einen Impuls zu erzeugen, der dem des indischen Subkontinents entspricht?
- (f) Zwei Planeten von der Größe der Erde ziehen sich mit einer "Erdbeschleunigung" von g an. Welche Beschleunigung erfährt Erde #1 im Schwerfeld der Erde #2 und umgekehrt? Welche relative Beschleunigung der beiden Erden ergibt sich draus?

4.3 Aufzug

In einem Aufzug steht eine Person auf einer Personenwaage. Die Waage zeigt 75 kg an.

- (a) Was misst die Waage, Gewicht oder Masse?
- (b) Der Aufzug bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit nach unten. Was zeigt die Waage an? Wo muss die Waage platziert werden?
- (c) Der Aufzug wird nun mit einer konstanten Beschleunigung von $2g$ nach unten beschleunigt. Wo muss die Waage platziert werden? Was zeigt nun die Waage an?
- (d) Der Aufzug fährt jetzt wieder mit konstanter Geschwindigkeit. Plötzlich reißt 10 m über dem Boden des Aufzugschachtes das Aufzugsseil. Was zeigt nun die Waage an? Mit welcher Geschwindigkeit käme die Person am Boden des Aufzugschachtes an?
- (e) Bei einer Geschwindigkeit $v = 6,9 \text{ m/s}$ des frei fallenden Aufzuges wird eine Fallbremse mit einer Verzögerung von $a = -25 \text{ m/s}^2$ aktiviert, welche den Aufzug abbremst. Nach welcher Zeit kommt der Aufzug zum Stehen? Welche Strecke legt der Aufzug nach Beginn der Verzögerung noch zurück?
- (f) Was ändert sich bei Aufgabenteil (d), wenn sich der Aufzug auf dem Mond befindet ($g_{\text{Mond}} = g_{\text{Erde}}/6$)?



4.4 Potentielle und kinetische Energie

An einer vertikal angebrachten Spiralfeder mit der Federkonstanten D wird eine Masse m angebracht und zunächst festgehalten. Das Koordinatensystem wird so gewählt, dass der Ausgangspunkt, an dem die Masse zu Beginn festgehalten wird, bei $x = 0$ liegt und die x -Achse vertikal nach oben zeigt.

- (a) Sie lassen die Masse langsam nach unten sinken bis die Feder die Gewichtskraft kompensiert. Wie weit dehnt sich die Feder?
- (b) In einem zweiten Experiment lassen Sie die Masse plötzlich los. Wie tief fällt sie, bis die Feder sie wieder nach oben zieht?
- (c) Wie groß ist die potentielle Energie in Teilaufgabe (b), wenn Sie loslassen?
- (d) Bei welcher Auslenkung x ist die kinetische Energie maximal? Berechnen Sie die Geschwindigkeit bei dieser Auslenkung.

4.5 Mann im Boot (*)

Ein Mann (80 kg) sitzt am Bug eines ruhenden Bootes (8 m lang, Masse 150 kg) auf einem stillen See. Außer ihm befindet sich noch ein Stein mit Masse 20 kg im Boot. Vernachlässigen Sie die Reibung bei der Betrachtung.

- (a) Wie weit und in welche Richtung verschiebt sich das Boot, wenn der Mann vom Bug zum Heck geht?
- (b) Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich das Boot entlang der Wasseroberfläche, wenn der Mann den Stein mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 5 km/h in Bezug auf das Boot unter einem Winkel von 30° zur Wasseroberfläche aus dem Boot wirft?
- (c) Wie würde sich das Ergebnis ändern, wenn der Stein mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h, aber relativ zum festen Boden (d.h. „stillem Wasser“) geworfen würde?